

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-074636

(43)Date of publication of application : 23.03.2001

(51)Int.Cl.

G01N 13/16

G01B 7/34

G01B 21/30

G11B 9/14

(21)Application number : 11-250186

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 03.09.1999

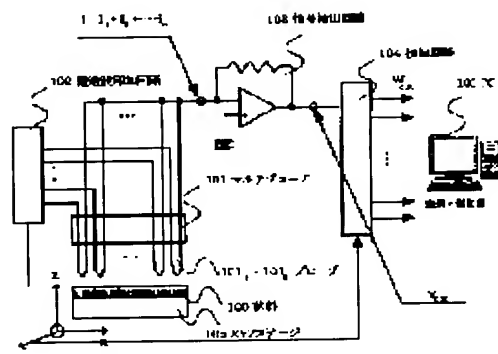
(72)Inventor : ITSUJI TAKEAKI
SHITO SHUNICHI

(54) SIGNAL DETECTING METHOD BY SCANNING PROBE AND SIGNAL DETECTION DEVICE AND/OR ATOMIC FORCE MICROSCOPE WITH SIGNAL DETECTION DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the influence of the floating capacity between wiring and substrate ground, and to improve the S/N ratio of a probe signal by applying a natural carrier to a plurality of probes, by referring to the carrier for demodulating a signal, and by processing the signal by the same detection circuit.

SOLUTION: In an AFM(atomic force microscope), natural carriers ω_1 , ω_2 , ..., ω_n , are applied to each of probes 1011, 1012, ..., 101n of a multi probe 101 by a carrier application circuit 102. A sample 100 to be observed is driven by an XYZ stage 105 in a vertical direction for bringing into contact with the multi probe 101. After that, the sample 100 is scanned by the XYZ stage 105 in a surface direction. Then, by applying the carrier, current signals i_1 , i_2 , ..., i_3 are synthesized to a synthesis current signal I at the input part of a signal detection circuit 103 for converting to a voltage signal V_{OUT} , the carrier of each probe being used in a carrier application circuit 102 is referred to by a detection circuit 104, and a signal with a desired amount of deflection is detected.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-74636
(P2001-74636A)

(43) 公開日 平成13年3月23日 (2001.3.23)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

G 0 1 N 13/16

G 0 1 N 13/16

A 2 F 0 6 3

G 0 1 B 7/34

G 0 1 B 7/34

Z 2 F 0 6 9

21/30

21/30

Z

G 1 1 B 9/14

G 1 1 B 9/14

C

F

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平11-250186

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(22) 出願日

平成11年9月3日 (1999.9.3)

(72) 発明者 井辻 健明

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72) 発明者 紫藤 俊一

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(74) 代理人 100105289

弁理士 長尾 達也

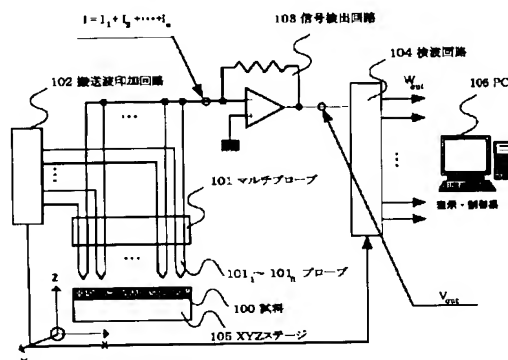
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 走査型プローブによる信号検出方法および信号検出装置、並びに該信号検出装置を備えた原子間力顕微鏡

(57) 【要約】

【課題】 マルチプローブによる信号処理において、マルチプローブの出力と信号検出器の入力に要する配線を簡素化し、その配線と基板グランド間に存在する浮遊容量の影響を低減して、プローブ信号のS/N比の向上を図ること。

【解決手段】 マルチプローブにおいて、そのたわみ量を前記プローブを構成するピエゾ抵抗素子のピエゾ抵抗値の変化として検出する走査型プローブによる信号検出方法または装置であって、前記マルチプローブの各プローブに固有の搬送波を印加し、その搬送波を参照して信号を復調することにより、同一の検出回路で信号処理するように構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】試料表面に対向して配置された複数本のプローブを有し、該プローブを前記試料表面に近接させ二次元走査させ、前記試料表面と前記プローブの先端に働く物理量を、前記プローブのたわみ量として検出し、該たわみ量を前記プローブを構成するピエゾ抵抗素子のピエゾ抵抗値の変化として検出する走査型プローブによる信号検出方法であって、

前記複数本のプローブの各プローブに固有の搬送波を印加し、その搬送波を参照して信号を復調することにより、同一の検出回路で信号処理することを特徴とする走査型プローブによる信号検出方法。

【請求項2】前記信号処理が、前記各プローブに固有の搬送波を印加し、搬送波をプローブを構成するピエゾ抵抗素子のコンダクタンスの変化で変調し、各プローブから得られた変調信号を合成し、合成した変調信号を各プローブに印加した搬送波を参照して信号を復調することによって行われることを特徴とする走査型プローブによる請求項1に記載の信号検出方法。

【請求項3】前記搬送波として交流電圧を用いることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の信号検出方法。

【請求項4】試料表面に対向して配置された複数本のプローブを有し、該プローブを前記試料表面に近接させ二次元走査させ、前記試料表面と前記プローブの先端に働く物理量を、前記プローブのたわみ量として検出し、該たわみ量を前記プローブを構成するピエゾ抵抗素子のピエゾ抵抗値の変化として検出する走査型プローブによる信号検出装置であって、

前記複数本のプローブが搬送波をピエゾ抵抗素子のコンダクタンスの変化で変調する構成を備え、該複数本のプローブの各プローブに固有の搬送波を印加し、その搬送波を参照して信号を復調することにより、同一の検出回路で信号処理する手段を有することを特徴とする走査型プローブによる信号検出装置。

【請求項5】前記信号処理する手段が、前記各プローブに固有の搬送波を印加する回路と、該各プローブから得られた変調信号を合成する回路と、合成した変調信号を各プローブに印加した搬送波を参照して復調する検波回路で構成されていることを特徴とする請求項4に記載の走査型プローブによる信号検出装置。

【請求項6】前記搬送波が、交流電圧であることを特徴とする請求項4または請求項5に記載の走査型プローブによる信号検出装置。

【請求項7】試料表面に対向して配置されるマルチプローブを有し、該マルチプローブを前記試料表面に近接させ二次元走査させ、前記試料表面と前記プローブの先端に働く物理量を、前記プローブのたわみ量として検出し、該たわみ量を前記プローブを構成するピエゾ抵抗素子のピエゾ抵抗値の変化として検出する走査型プローブ

による信号検出装置を備えた原子間力顕微鏡において、前記信号検出装置が請求項4～6のいずれか1項に記載の信号検出装置によって構成されていることを特徴とする原子間力顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、試料表面とプローブを近接させたときに働く原子間力を利用し、試料の表面形状の観察や、記録装置等に適用される走査型プローブによる信号検出方法および信号検出装置、並びに該信号検出装置を備えた原子間力顕微鏡に関する。特に、複数本のプローブによる信号処理において、複数本のプローブの出力と信号検出器の入力に要する配線を簡素化し、その配線と基板グラウンド間に存在する浮遊容量の影響を低減するための制御技術に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、導体の表面原子の電子構造を直接観察できる走査型トンネル顕微鏡（以下STM）が開発され[G. Binnig et al. Phys. Rev. Lett. 49, 57 (1982)]、単結晶・非結晶を問わず実空間像の高い分解能の測定ができるようになった。STMは、金属のプローブと導電性物質間に電圧を加えて、1[nm]程度の距離まで近づけるとトンネル電流が流れることを利用している。この電流は、両者の距離変化に非常に敏感である。トンネル電流を一定に保つようにプローブを走査することにより、実空間の全電子雲に関する種々の情報をも読み取るこたができる。このとき、面内方向の分解能は0.1[nm]程度である。また、このSTM技術を発展させ、絶縁性物質等の表面をSTMと同様な分解能で観察可能な原子間力顕微鏡（以下AFM）も開発されている（米国特許第4,724,318号明細書）。

【0003】AFMは、プローブの先端と試料表面を近接、あるいは接触させたときに発生する原子間力を利用している。この原子間力には斥力や引力があるが、本発明のAFMでは、斥力が働く範囲を接触領域として観察を行うものである。この原子間力は、プローブのたわみによって検出される。このたわみの検出方法として、次のようなものがある。プローブの先端にレーザー光を照射し、たわみによる反射光の変位を光電変換素子によって検出する光てこ方式。この方式は、反射光路を長く設定することにより、得られる変位の度合いも大きくなり、分解能を向上することが可能である。しかし、それに伴い、大きな光学系が必要となり、信号検出装置が大きくなるという問題点が存在した。さらに、現実的な問題点として、微細な形状のプローブの先端にレーザー光を正確に照射しなくてはならず、扱いづらいという問題点も存在した。

【0004】他方、プローブのたわみの検出方法の一つとして、最近注目されているのが、プローブのたわみ量

を、プローブを構成する素子の抵抗値変化として検出する方法である。この検出素子としては、ピエゾ抵抗素子が用いられている。この素子は、外力によって外形のひずみだけでなく、半導体のエネルギー帯構造にも影響し、導電現象に変化が現れ、電気抵抗が変化する素子である。この方式は、上述した光でこの方式のような光学系を必要としないため、コンパクトに簡易に扱うことが可能なAFMである。AFMは、もともと試料表面を原子オーダーのレベルで観察することが目的であるため、大面積観察には不向きである。プローブと試料表面との間に発生する原子間力は微小なため、走査速度に制限がきたり、現実問題として、精度良く広範囲の走査を可能にする装置を得ることが困難なためである。そこで、最近ではAFMの大面積走査技術の一つとして、複数本のプローブ（以下マルチプローブ）を使用して観察する技術が注目されている。マルチプローブを使用した表面観察方法としては、光でこの方式よりも、ピエゾ抵抗素子の抵抗値変化によって、プローブのたわみ量を検出する方法が適している。光でこの方式であると、プローブが複数存在するため、各プローブの先端にレーザー光を正確に照射することが困難なためである。また、AFMの制御系・検出系が、プローブの数に対応して大きくなるためである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、試料表面の形状をピエゾ抵抗素子のコンタクタンスの変化によって検出しようとした場合、コンタクタンスの変化の割合は非常に小さなもののため、変化量として得られる電流信号は非常に微弱なものである。この微弱な電流信号を正確に検出するためには、プローブの出力と信号検出回路の入力間のパスを短くし、配線と基板グラント間に存在するような不必要な容量成分（浮遊容量）を無くす必要がある。このような容量成分は、信号に位相後れを生じさせ、場合によっては装置の発振の原因となる。とくに、マルチプローブを用いて上述した原子間力顕微鏡を構成する場合、プローブの本数に信号検出回路の数を対応させると信号検出回路の数が増加する。この結果、プローブの出力と信号検出回路の入力を結ぶ配線が長くなり、配線と基板グラント間の浮遊容量の影響で位相後れが生じて発振の原因になるという問題点があった。また、マルチプローブ原子間力顕微鏡に用いるプローブの本数に対応させて信号検出回路の数を増加させると、各信号検出回路からPCなどの表示装置に信号を出力するため、出力線を外部に引き出す際、各出力線の信号が互いに干渉しクロストークが発生するという問題点があった。

【0006】そこで、本発明は、上記従来のものにおける課題を解決し、マルチプローブによる信号処理において、マルチプローブの出力と信号検出器の入力に要する配線を簡素化し、その配線と基板グラント間に存在する

浮遊容量の影響を低減して、プローブ信号のS/N比の向上を図ることのできる走査型プローブによる信号検出方法および信号検出装置、並びに該信号検出装置を備えた原子間力顕微鏡を提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を達成するために、走査型プローブによる信号検出方法および信号検出装置、並びに該信号検出装置を備えた原子間力顕微鏡を、つぎの(1)～(7)のように構成したことを特徴とするものである。

(1) 本発明の走査型プローブによる信号検出方法は、試料表面に対向して配置された複数本のプローブを有し、該プローブを前記試料表面に近接させ二次元走査させ、前記試料表面と前記プローブの先端に働く物理量を、前記プローブのたわみ量として検出し、該たわみ量を前記プローブを構成するピエゾ抵抗素子のピエゾ抵抗値の変化として検出する走査型プローブによる信号検出方法であって、前記複数本のプローブの各プローブに固有の搬送波を印加し、その搬送波を参照して信号を復調することにより、同一の検出回路で信号処理することを特徴としている。

(2) 本発明の走査型プローブによる信号検出方法は、前記信号処理が、前記各プローブに固有の搬送波を印加し、搬送波をプローブを構成するピエゾ抵抗素子のコンタクタンスの変化で変調し、各プローブから得られた変調信号を合成し、合成した変調信号を各プローブに印加した搬送波を参照して信号を復調することによって行われることを特徴としている。

(3) 本発明の走査型プローブによる信号検出方法は、前記搬送波として交流電圧を用いることを特徴としている。

(4) 本発明の走査型プローブによる信号検出装置は、試料表面に対向して配置された複数本のプローブを有し、該プローブを前記試料表面に近接させ二次元走査させ、前記試料表面と前記プローブの先端に働く物理量を、前記プローブのたわみ量として検出し、該たわみ量を前記プローブを構成するピエゾ抵抗素子のピエゾ抵抗値の変化として検出する走査型プローブによる信号検出装置であって、前記複数本のプローブが搬送波をピエゾ抵抗素子のコンタクタンスの変化で変調する構成を備え、該複数本のプローブの各プローブに固有の搬送波を印加し、その搬送波を参照して信号を復調することにより、同一の検出回路で信号処理する手段を有することを特徴としている。

(5) 本発明の走査型プローブによる信号検出装置は、前記信号処理する手段が、前記各プローブに固有の搬送波を印加する回路と、該各プローブから得られた変調信号を合成する回路と、合成した変調信号を各プローブに印加した搬送波を参照して復調する検波回路で構成され

ていることを特徴としている。

(6) 本発明の走査型プローブによる信号検出装置は、前記搬送波が、交流電圧であることを特徴としている。

(7) 本発明の原子間力顕微鏡は、試料表面に対向して配置されるマルチプローブを有し、該マルチプローブを前記試料表面に近接させ二次元走査させ、前記試料表面と前記プローブの先端に働く物理量を、前記プローブのたわみ量として検出し、該たわみ量を前記プローブを構成するピエゾ抵抗素子のピエゾ抵抗値の変化として検出する走査型プローブによる信号検出装置を備えた原子間力顕微鏡において、前記信号検出装置が上記した本発明のいずれかの信号検出装置によって構成されていることを特徴としている。

【0008】

【発明の実施の形態】つぎに、本発明の実施の形態について説明する。マルチプローブによる信号処理において、上記したように複数本のプローブの各プローブに固有の搬送波を印加し、その搬送波を参照して信号を復調することにより、同一の検出回路で信号処理するように構成することで、プローブの本数に関係なく同一の検出回路で信号を処理することが可能となる。このように、上記構成によると同一の検出回路で信号処理をすることができ、ため、プローブの出力線を一本化して、マルチプローブの出力と信号検出器の入力に要する配線の簡素化が可能となる。したがって、従来のようにプローブの本数に信号検出回路の数を対応させる必要がなく、配線と基板クラッド間に存在する浮遊容量の影響を低減することかでき、プローブ信号のS/N比を大幅に改善することかできる。

【0009】

【実施例】次に本発明の実施例について図面を参照して説明する。図1は、本発明の信号検出方法を実施するマルチプローブAFMの概略構成図である。このマルチプローブAFMでは、搬送波印加回路102によってマルチプローブ101の各プローブ101₁、101₂、・・・、101_nに固有の搬送波 ω_1 、 ω_2 、・・・、 ω_n を印加する。観察対象である試料100はXYZステージ105によって垂直方向(Z方向)に駆動され、マルチプローブ101と接触する。その後、試料100はXYZステージ105によって面方向(XY方向)に走査を行う。これらのステージの制御はパーソナルコンピュータ(以下PC)106で行っている。マルチプローブ101では、XYZステージ105の走査によって得られた、試料100の表面形状に応じたプローブのたわみ量を出力する。このマルチプローブ101のプローブの構成を示したものが図2である。

【0010】図2は本実施例で使用したプローブの構成図である。このプローブは、非常に平滑性の高いp-Si基板201上にAsイオンを注入することでn型層を形成しピエゾ抵抗層200としている。図1のステージ

105の走査によって得られたプローブのたわみ量 ΔZ は、ピエゾ抵抗層200の抵抗値の変化として検出される。ピエゾ抵抗層200のたわみが無い状態($\Delta Z=0$)のコンダクタンス(抵抗値の逆数)を G_i 、たわみ量 ΔZ によって変化したコンダクタンス量を ΔG_i とすると、プローブのたわみ量 ΔZ によって変化したピエゾ抵抗層200のコンダクタンスの変化は次式のように示される。

【0011】コンダクタンスの変化 $= (G_i + \Delta G_i)$

このピエゾ抵抗層200のコンダクタンスの変化率($\Delta G_i/G_i$)は、およそ $10^{-7} \sim 10^{-8}$ 倍[1/nm]である。i番目のプローブに搬送波印加回路203から搬送波 $V \sin(\omega_i t + \alpha_i)$ を印加する。 α_i はi番目のプローブに印加する搬送波の位相である。ピエゾ抵抗層200のたわみ量 ΔZ によって変化したピエゾ抵抗層200のコンダクタンスの変化は、次式のようにプローブから電流信号 i_i として出力される。

$$i_i = (G_i + \Delta G_i) \times V \sin(\omega_i t + \alpha_i)$$

【0012】再び図1に戻る。各プローブ101₁、101₂、・・・、101_nに固有の周波数 ω_1 、 ω_2 、・・・、 ω_n を印加することで、各プローブの出力には周波数の異なる電流信号 i_1 、 i_2 、・・・、 i_n が現れる。これらの信号は信号検出回路103の入力部において合成され、合成電流信号Iとなる。

$$I = i_1 + i_2 + \dots + i_n$$

この合成電流信号Iを信号検出回路103で電圧信号 V_{out} に変換し、検波回路104で搬送波印加回路102で用いた各プローブの搬送波を参照し、所望のプローブのたわみ量の信号を検出する。

【0013】本実施例では、搬送波印加回路102として任意波形発生器を使用した。しかし、搬送波印加回路102は水晶発振器やオペアンプで構成したり、D/Aポートを用いてPC上で波形を印加してもよい。信号検出回路103には、オペアンプと抵抗 R_{in} で構成するI/V変換回路を用いた。I/V変換回路で使用するオペアンプは、高速・低ノイズのものを使用した。この信号検出回路103の出力電圧信号 V_{out} は、マルチプローブ101で得られた合成電流信号IとI/V変換回路で使した抵抗 R_{in} の積の形で得られる。

【0014】検波回路104の検出方法としては、ロックイン・アンプの手法を用いた。検波回路104の出力信号 W_{out} は、信号検出回路103の出力電圧信号 V_{out} に、検出したいプローブに印加した搬送波 $V \sin(\omega_i t + \alpha_i)$ を乗算した形で得られる。

$$W_{out} = V_{out} \times V \sin(\omega_i t + \alpha_i)$$

信号検出回路103の出力電圧信号 V_{out} は次式のような形で得られる。

$$V_{out} = \sum_{k=1}^n (G_k + \Delta G_k) \times R_p \times V \sin(\omega_k t + \beta_k)$$

* おける各プローブ信号の位相である。この式より、検波回路104の出力信号 W_{out} は次式のような形で周波数変換される。

【0015】ここで β_k は信号検出回路103の出力に *

$$W_{out} = \left(\sum_{k=1}^n (G_k + \Delta G_k) \times R_p \times V \sin(\omega_k t + \beta_k) \right) \times V \sin(\omega_i t + \alpha_i)$$

ここで $(G_k + \Delta G_k) \times R_p \times V$ を A_k とおく。

$$\begin{aligned} W_{out} &= \sum_{k=1}^n A_k \times \sin(\omega_k t + \beta_k) \times \sin(\omega_i t + \alpha_i) \\ &= \sum_{k=1}^n A_k \frac{\cos((\omega_i - \omega_k)t + \alpha_i - \beta_k) - \cos((\omega_i + \omega_k)t + \alpha_i + \beta_k)}{2} \end{aligned}$$

とくに、 $k = i$ のとき、次式のように直流成分と搬送波※ ※の2倍の周波数成分に変換される。

$$\begin{aligned} W_{out} &= A_i \frac{\cos(\alpha_i - \beta_i) - \cos(2\omega_i t + \alpha_i + \beta_i)}{2} \\ &+ \sum_{k=1, k \neq i}^n A_k \frac{\cos((\omega_i - \omega_k)t + \alpha_i - \beta_k) - \cos((\omega_i + \omega_k)t + \alpha_i + \beta_k)}{2} \end{aligned}$$

【0016】 $\Delta\omega = \omega_i - \omega_k$ とおくと、 W_{out} には上述した式からわかるように、 $\Delta\omega$ 以上の交流成分と $k = i$ 時の直流成分が存在している。そこでこの検波回路104の出力信号 W_{out} に $\Delta\omega$ 以下のローパスフィルタ(以下LPF)をかけることによって、選択したプローブの直流信号成分、すなわちピエゾ抵抗層200のコンダクタンスの変化の信号を得ることができる。ただし、このLPFのカットオフ周波数は、少なくともコンダクタンスの変化の信号 ΔG の周波数以上に設定しなくてはならない。このコンダクタンスの変化の信号は、搬送波の位相 α_i と信号検出回路103から得られた信号の位相 β_i を同じに設定することによって最大の値を得ることができる。また、このような検波方法としては、PC上においてフーリエ変換等の周波数変換手法を用いてもよい。

【0017】以上のような方法を用いてマルチプローブAFMで試料の表面観察を行った。観察条件を以下に示す。試料として深さ方向18[nm]、ライン&スペース500[nm]の標準サンプルを使用した。プローブとして10本のマルチプローブを使用した。今回の観察では、搬送波として420[KHz]、440[KHz]、460[KHz]、480[KHz]、500[KHz]、520[KHz]、540[KHz]、560[KHz]、580[KHz]、600[KHz]を使用した。ステージとして走査範囲100[μm]のものを使用した。ここで、水平方向10[nm]の山を10[Hz]の走査周波数で100個観察を行った場合、予想される必要な周波数帯域幅は2[KHz]である。この波形を正確に検波検出するために、200倍を

超す周波数を有する搬送波を用いた。また、ここで用いる搬送波の振幅は10[V]の波形を用いた。

【0018】本実施例で使用したマルチプローブのピエゾ抵抗層の抵抗値は7.0~7.4[KΩ]であった。この値と振幅値から推算される電流信号の振幅は1.35~1.42[mA]である。また、プローブのたわみによるピエゾ抵抗素子の抵抗値変化の割合は3.7~4.3×10⁻²[nm]であった。この値から計算されるたわみ量の信号変化は0.53~0.61[nA/nm]である。各プローブの出力には上述したような信号が加算された形で出力される。また、信号検出回路103の入力部分には、各プローブからの出力が加算された形で入力されるため、およそ15[mA]の電流が入力される。1/V変換回路の抵抗 R_p には500[Ω]を使用した。以上のような条件で動作を検証した。

【0019】従来のプローブヘッドまわりの信号検出回路の回路構成を図3に示す。図3の回路構成では、ここで用いた10本からなるマルチプローブに対応させて、基板上に10組の信号検出回路を実装する。各信号検出回路はオペアンプと抵抗で構成する1/V変換回路である。ここではオペアンプとして、8ピンのプラスチックDIPタイプのオペアンプを使用した。図3の回路構成の、マルチプローブ301と信号検出回路302を結ぶ配線のレイアウト例を図4に示した。オペアンプ400は8ピンのプラスチックDIPタイプである。図4のように、ここではマルチプローブヘッドとオペアンプを結ぶ配線が長くなっている。そのために、この配線と基板グラウンド間に存在する浮遊容量の影響のため位相ずれが生じ、信号検出回路の出力では発振を起こすものが多い

った。

【0020】一方図5は本実施例のマルチプローブの出力と信号検出器の入力を結ぶ配線のレイアウト例を示したものである。ここで使用したオペアンプの種類や形状は、図4の従来例で示したものと同一のものを使用した。図4の配線例と比べても、本実施例ではプローブの本数に関係なく同一の検出回路で信号を処理することが可能となるため、必要とする信号検出回路の数は1組のみ、マルチプローブヘッドとオペアンプを結ぶ配線の簡素化が実現できた。そのために、配線と基板グラント間に存在する浮遊容量の影響はみられず、試料表面の形状を反映した像を得ることができた。また、この観察像には、信号検出回路の出力線を一本化し、周波数変換とローパスフィルタによってプローブ信号を検出するため、プローブ間の像がゴーストのようにみえるクロストークの影響を除去することが可能となった。この観察像の垂直方向の分解能は2[nm]であり、面方向の分解能はすべてステージ走査に依存するものの、ここでは1[nm]であることを確認した。

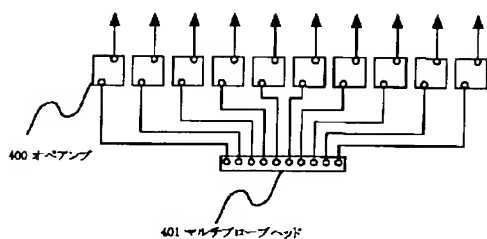
【0021】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によると、複数本のプローブの各プローブに固有の搬送波を印加し、その搬送波を参照して信号を復調して、同一の検出回路で信号処理するように構成することで、プローブの本数に関係なく同一の検出回路で信号を処理することが可能となる。したがって、本発明によるとマルチプローブの出力と信号検出器の入力に要する配線を簡素化することが可能となり、配線と基板グラント間に存在する浮遊容量の影響を低減することができ、プローブ信号のS/N比の向上を図ることができる。また、本発明によ

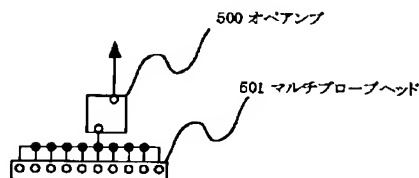
20

- 30
- 100：試料
 - 101：マルチプローブ
 - 102：搬送波印加回路
 - 103：信号検出回路
 - 104：検波回路
 - 105：XYZステージ
 - 106：PC
 - 200：ビエゾ抵抗層
 - 201：p-Si基板
 - 202：Al配線
 - 203：搬送波印加回路
 - 300：搬送波印加回路
 - 301：マルチプローブ
 - 302：信号検出回路
 - 400：オペアンプ（DIPタイプ）
 - 401：マルチプローブヘッド
 - 500：オペアンプ（DIPタイプ）
 - 501：マルチプローブヘッド

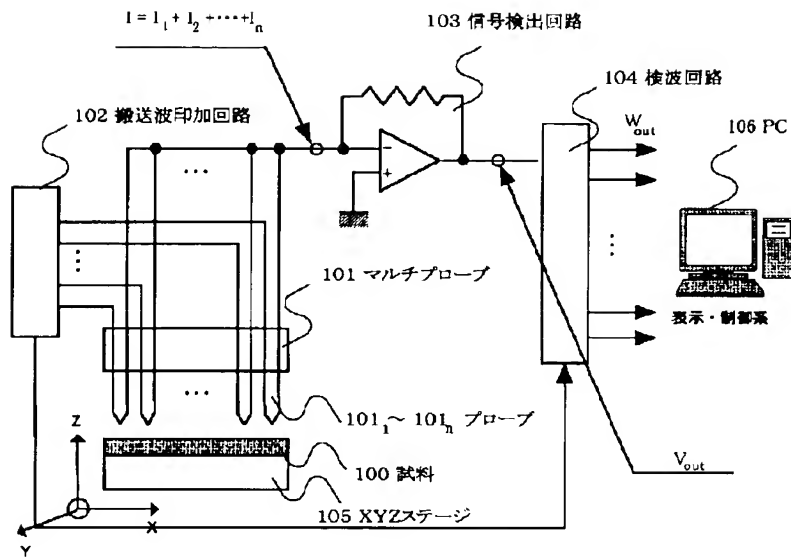
【図4】



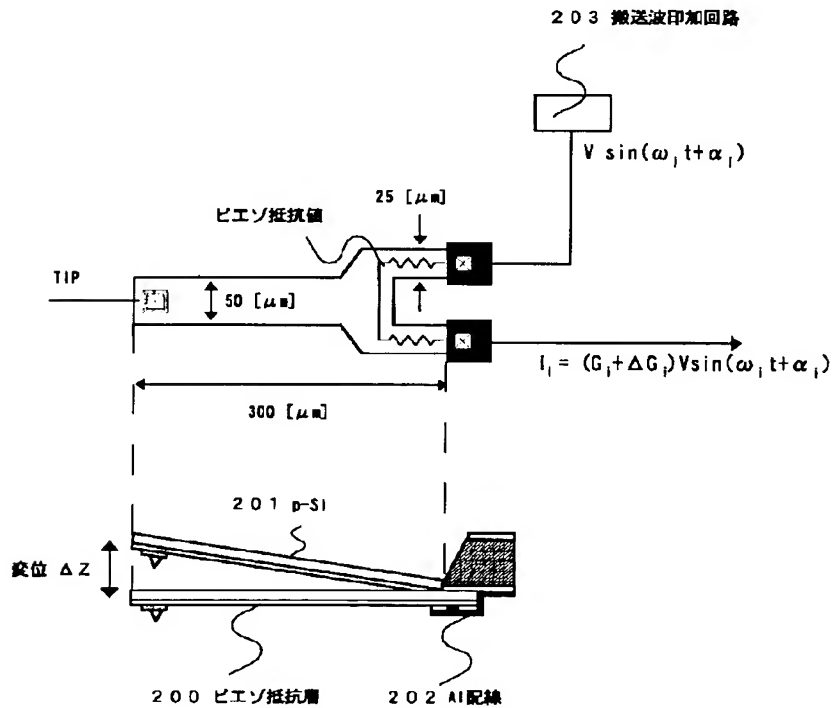
【図5】



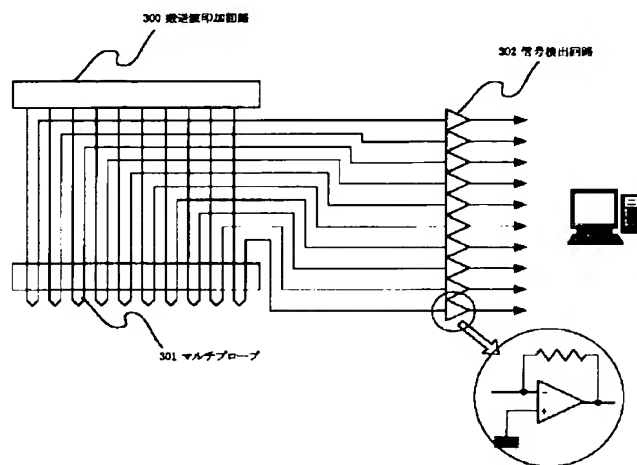
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2F063 AA43 CA08 CA40 DA02 DB05
 EA16 EB15 EB23 EC03 EC06
 EC26 LA06 LA11 NA06 NA10
 2F069 AA57 AA60 DD30 GG01 GG06
 HH04 JJ15 LL03 LL04 MM04
 MM32 MM34 NN04 RR03